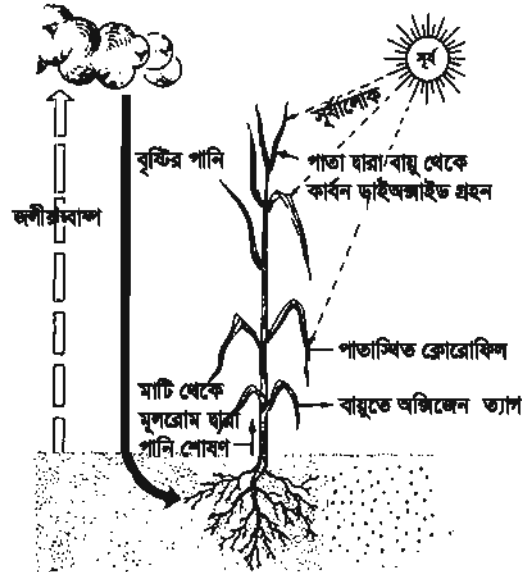


## চতুর্থ অধ্যায়

# জীবনীশক্তি (Bioenergetics)

জীবন পরিচালনার জন্য জীব কোষে প্রতিনিয়ত হাজারো রকমের জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া চলে। এসব বিক্রিয়ার জন্য কমবেশি শক্তির প্রয়োজন হয়। শক্তির মূল উৎস সূর্য। সবুজ উদ্ভিদ সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় সৌরশক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত করে শর্করা জাতীয় খাদ্য তৈরি করে। প্রাণী ও অসবুজ জীব সৌরশক্তিকে সরাসরি আবশ্য করে দৈহিক কাজে ব্যবহার করতে পারে না। জীবন পরিচালনার জন্য যে শক্তির প্রয়োজন হয় সে শক্তির জন্য তাদের কোনো না কোনোভাবে সবুজ উদ্ভিদের উপর নির্ভর করতে হয়। এ সব বিষয় আলোচনা করাই জীবনীশক্তি বা বায়োএনার্জেটিক্স (Bioenergetics) এর মূল উদ্দেশ্য এই অধ্যায়ে সর্বাঙ্গীণভাবে বর্ণনা করা হলো।



এ অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা

- কোষে প্রধান শক্তির উৎস হিসেবে এটিপি (ATP) ভূমিকা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় শর্করা প্রস্তুতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- সালোকসংশ্লেষণে ক্লোরোফিল এবং আলোর ভূমিকা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- সালোকসংশ্লেষণের প্রভাবকের ভূমিকা বর্ণনা করতে পারব।
- সালোকসংশ্লেষণের উপর জীবের নির্ভরশীলতার কারণ মূল্যায়ন করতে পারব।
- শ্বসন ব্যাখ্যা করতে পারব।
- স্নাত ও অবাত শ্বসনের ধারণা ও গুরুত্ব ব্যাখ্যা করতে পারব।
- সালোকসংশ্লেষণ ও শ্বসনের মধ্যে তুলনা করতে পারব।
- সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ক্লোরোফিল ও আলোর অপরিহার্যতার পরীক্ষাটি করতে পারব।
- শ্বসন প্রক্রিয়ায় তাপ নির্গমনের পরীক্ষাটি করতে পারব।
- জীবের খাদ্য প্রস্তুতে উদ্ভিদের অবদান উপলব্ধি করতে পারব এবং উদ্ভিদের প্রতি সংবেদনশীল আচরণ করতে শিখব।

**ভূমিকা :** জীব কর্তৃক তার দেহে শক্তির উৎপাদন ও ব্যবহারের মৌলিক কৌশলই হচ্ছে জীবনীশক্তি। শক্তির মূল উৎস সূর্য। সবুজ উদ্ভিদ সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় সৌরশক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত করে প্রথমে ATP ও NADPH নামক জৈব যৌগে আবদ্ধ করে। এগুলোই হলো জীবনীশক্তি বা বায়োএনার্জি। পরবর্তীতে সালোকসংশ্লেষণের কার্বন বিজারণ পর্যায়ে এ শক্তি শর্করা ও অন্যান্য জৈব যৌগের অণুর রাসায়নিক বন্ধনীতে সঞ্চিত বা আবদ্ধ হয়। জীবন পরিচালনার জন্য জীবকোষে তথা জীবদেহে প্রতিনিয়ত হাজারো রকমের জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। এসব বিক্রিয়া পরিচালিত হয় বায়োএনার্জি দ্বারা।

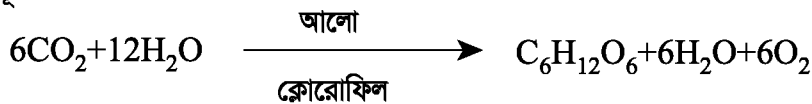
কিছু শক্তিসমৃদ্ধ যৌগ উচ্চশক্তি ধারণ করে এবং প্রয়োজনে অন্য বিক্রিয়ায় শক্তি যোগায় যেমন ATP, GTP, NAD, NADP, FADH<sub>2</sub> ইত্যাদি। ATP শক্তি জমা করে রাখে এবং প্রয়োজন অনুসারে অন্য বিক্রিয়ায় শক্তি সরবরাহ করে। এজন্য ATP-কে ‘জৈবমুদ্রা’ বা ‘শক্তি মুদ্রা’ (Biological coin or energy coin) বলা হয়। সালোকসংশ্লেষণের সময় ADP সৌরশক্তি গ্রহণ করে ATP তে পরিণত হয়। এ প্রক্রিয়াকে ‘ফটোফসফোরাইলেশন’ (Photophosphorylation) বলা হয়।



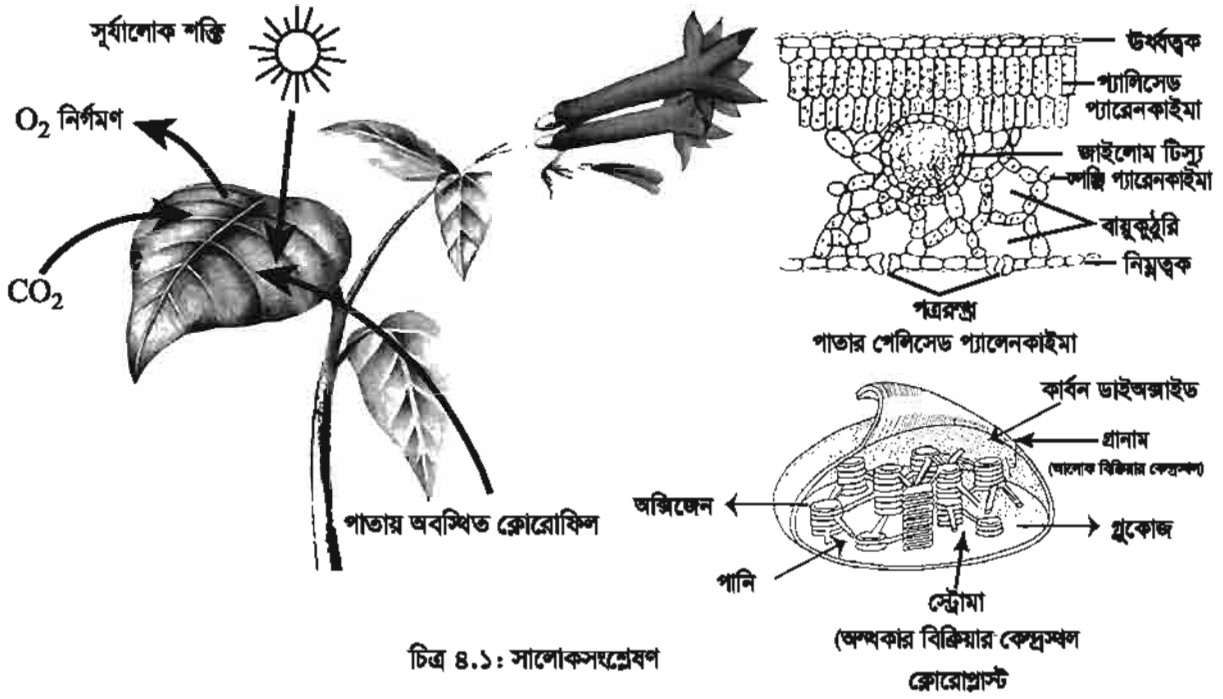
এ প্রক্রিয়ায় ATP-এর তৃতীয় ফসফেট বন্ধনীতে প্রায় ৭৩০০ ক্যালরি সৌরশক্তি আবদ্ধ হয়। ATP হলো মুক্তশক্তির বাহক, এর ফসফেট বন্ধনীর মধ্যে শক্তি আবদ্ধ থাকে। জৈব সংশ্লেষণ, পরিবহন ও অন্যান্য বিপাকীয় কাজে শক্তির প্রয়োজন হলে ATP (Adenosine diphosphate) ভেঙে ADP (Adenosine diphosphate) ও AMP (Adenosine monophosphate) তৈরি হয় এবং শক্তি উৎপন্ন হয়।

### সালোকসংশ্লেষণ (Photosynthesis)

সবুজ উদ্ভিদের একটি গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য হলো যে, এরা সূর্যালোকের উপস্থিতিতে কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO<sub>2</sub>) ও পানি থেকে কার্বোহাইড্রেট বা শর্করা জাতীয় খাদ্য প্রস্তুত করে। সবুজ উদ্ভিদে কার্বোহাইড্রেট জাতীয় খাদ্য প্রস্তুত হওয়ায় এ প্রক্রিয়াকে সালোকসংশ্লেষণ (photosynthesis) বলা হয়। এই প্রক্রিয়ায় আলোকশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। সবুজ উদ্ভিদে প্রস্তুত খাদ্য উদ্ভিদ নিজে বেঁচে থাকার জন্য প্রয়োজনীয় বিপাকীয় প্রক্রিয়া সম্পাদন করতে ব্যবহার করে এবং অবশিষ্ট খাদ্য ফল, মূল, কাণ্ড অথবা পাতায় সঞ্চিত হয়। উদ্ভিদ দ্বারা সঞ্চিত খাদ্যের উপরেই মানবজাতি ও অন্যান্য জীবজন্তুর অস্তিত্ব নির্ভর করে। সালোকসংশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় উপকরণগুলো হলো : (১) ক্লোরোফিল, (২) আলো, (৩) পানি এবং (৪) কার্বন ডাইঅক্সাইড। সালোকসংশ্লেষণ একটি জৈব রাসায়নিক (biochemical) বিক্রিয়া যা নিম্নরূপ-



পাতার মেসোফিল টিস্যু সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার প্রধান স্থান। স্থলজ সবুজ উদ্ভিদ মাটি থেকে মূল দিয়ে পানি শোষণ করে পাতার মেসোফিল টিস্যুর ক্লোরোপ্লাস্টে পৌঁছায় এবং পত্ররক্তের মাধ্যমে বায়ু থেকে CO<sub>2</sub> গ্রহণ করে যা মেসোফিল টিস্যুর ক্লোরোপ্লাস্টে পৌঁছে। জলজ উদ্ভিদ পানিতে দ্রবীভূত CO<sub>2</sub> গ্রহণ করে। বায়ুমণ্ডলে ০.০৩% এবং পানিতে ০.৩% CO<sub>2</sub> আছে। কাজেই জলজ উদ্ভিদে সালোকসংশ্লেষণের হার স্থলজ উদ্ভিদ থেকে বেশি।



অক্সিজেন ও পানি সালোকসংশ্লেষণের উপজাত দ্রব্য (by-product)। কাজেই এটি একটি জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়া (oxidation-reduction process)। এ প্রক্রিয়ায়  $H_2O$  জারিত হয় ও  $CO_2$  বিজারিত হয়।

**সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া :** সালোকসংশ্লেষণ একটি জটিল ও দীর্ঘ প্রক্রিয়া। ১৯০৫ সালে ইংরেজ শারীরতত্ত্ববিদ ব্ল্যাকম্যান (Blakman) এ প্রক্রিয়াকে দুটি পর্যায়ে ভাগ করেন। পর্যায় দুটি হলো- (১) আলোকনির্ভর পর্যায় (Light dependent phase) এবং (২) আলোক নিরপেক্ষ পর্যায় (Light independent phase)।

**(১) আলোকনির্ভর পর্যায় (Light dependent phase) :** আলোকনির্ভর পর্যায়ের জন্য আলো অপরিহার্য। এ পর্যায়ে সৌরশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এ প্রক্রিয়ায় ATP (অ্যাডিনোসিন ট্রাইফসফেট) এবং  $NADPH+H^+$  (বিজারিত নিকোটিনামাইড অ্যাডিনিন ডাইনিউক্লিওটাইড ফসফেট) উৎপন্ন হয়। এই রূপান্তরিত শক্তি ATP-এর মধ্যে সঞ্চিত হয়। ATP ও  $NADPH+H^+$  সৃষ্টিতে ক্লোরোফিল গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। ক্লোরোফিল অণু আলোকরশ্মির ফোটন (photon) শোষণ করে এবং শোষণকৃত ফোটন হতে শক্তি সঞ্চয় করে ADP (অ্যাডিনোসিন ডাইফসফেট) এর সাথে অজৈব ফসফেট ( $P_i$ =inorganic phosphate) মিলিত হয়ে ATP তৈরি করে। ATP তৈরির এই প্রক্রিয়াকে ফটোফসফোরাইলেশন (photophosphorylation) বলে।



সূর্যালোক ও ক্লোরোফিলের সহায়তায় পানি বিয়োজিত হয়ে (photolysis) অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ও ইলেকট্রন উৎপন্ন হয়। এ প্রক্রিয়াকে পানির ফটোলাইসিস বলা হয়। ফটোফসফোরাইলেশন (photophosphorylation) প্রক্রিয়ায় ATP উৎপন্ন হয় এবং ইলেকট্রন  $NADP$ -কে বিজারিত করে  $NADPH+H^+$  উৎপন্ন করে। ATP এবং  $NADPH+H^+$  - কে আত্মীকরণ শক্তি (assimilatory power) বলা হয়।

আলোক নিরপেক্ষ পর্যায় বা অন্ধকার পর্যায় (Light independent phase or dark phase) : আলোক নিরপেক্ষ পর্যায়ে কোনো আলোর প্রত্যক্ষ প্রয়োজন পড়ে না, তবে আলোর উপস্থিতিতেও এই প্রক্রিয়া চলতে পারে। এ পর্যায়ে আলোক পর্যায়ে উৎপন্ন ATP ও  $\text{NADPH}+\text{H}^+$ -এর সহায়তায়  $\text{CO}_2$  বিজারিত হয়ে কার্বোহাইড্রেট উৎপন্ন হয়। সবুজ উদ্ভিদে  $\text{CO}_2$  বিজারণের তিনটি গতিপথ শনাক্ত করা হয়েছে যা সংক্ষেপে আলোচনা করা হলো : যথা— (১) ক্যালভিন চক্র (২) হ্যাচ ও স্ল্যাক চক্র (৩) ক্রেসুলেসিয়ান এসিড বিপাক। এদের মধ্যে প্রথম দুটির সংক্ষিপ্ত আলোচনা নিচে দেওয়া হলো।

(১)  $\text{C}_3$  গতিপথ বা ক্যালভিন চক্র ( $\text{C}_3$  cycle বা Calvin cycle) : বায়ুমন্ডলের  $\text{CO}_2$  পত্ররন্ধ্রের মধ্য দিয়ে কোষে প্রবেশ করে। কোষে অবস্থিত ৫-কার্বনবিশিষ্ট রাইবুলোজ-১,৫-ডাইফসফেট এর সাথে  $\text{CO}_2$  মিলিত হয়ে ৬-কার্বনবিশিষ্ট অস্থায়ী কিটো এসিড তৈরি হয়। এটি সাথে সাথে ভেঙে তিন কার্বনবিশিষ্ট দুই অণু ৩-ফসফোগ্লিসারিক এসিড (3PGA) উৎপন্ন করে। কাজেই এই চক্রের প্রথম স্থায়ী পদার্থ তিন কার্বন বিশিষ্ট ৩-ফসফোগ্লিসারিক এসিড বলে একে  $\text{C}_3$  গতিপথ বলা হয়। আলোক পর্যায়ে তৈরি ATP ও  $\text{NADPH}+\text{H}^+$  ব্যবহার করে 3PGA, ৩-ফসফোগ্লিসারালডিহাইড ও ডাইহাইড্রোক্সি এসিটোন ফসফেট তৈরি হয়। ৩-ফসফোগ্লিসারালডিহাইড ও ডাইহাইড্রোক্সি এসিটোন ফসফেট থেকে ক্রমাগত বিভিন্ন বিক্রিয়ার মাধ্যমে একদিকে শর্করা এবং অপরদিকে রাইবুলোজ-১,৫-ডাইফসফেট তৈরি হতে থাকে।

পুনঃসংশ্লেষিত রাইবুলোজ-১,৫-ডাইফসফেট পুনরায় এক অণু  $\text{CO}_2$  গ্রহণ করে ক্যালভিন চক্রে প্রবেশ করে। অত্রএব, ৬-অণু  $\text{CO}_2$  থেকে এক অণু গ্লুকোজ তৈরি হওয়ার সময় ক্যালভিন চক্র ছয়বার ঘুরবে।

$\text{CO}_2$  আত্মীকরণের এ গতিপথকে আবিষ্কারকদের নামানুসারে ক্যালভিন-বেনসন চক্র বা সংক্ষেপে ক্যালভিন চক্র বলা হয়। ক্যালভিন তাঁর এ আবিষ্কারের জন্য- ১৯৬১ সালে নোবেল পুরস্কার পান। অধিকাংশ উদ্ভিদে এই প্রক্রিয়ায় শর্করা তৈরি হয় এবং প্রথম স্থায়ী পদার্থ ৩-কার্বনবিশিষ্ট বলে এই ধরনের উদ্ভিদকে বলে  $\text{C}_3$  উদ্ভিদ।

(২)  $\text{C}_4$  গতিপথ বা হ্যাচ ও স্ল্যাক চক্র ( $\text{C}_4$  cycle or Hatch and Slack cycle) : অস্ট্রেলীয় বিজ্ঞানী M.D. Hatch ও C.R Slack (১৯৬৬ সালে)  $\text{CO}_2$  বিজারণের আর একটি গতিপথ আবিষ্কার করেন। এই গতিপথের প্রথম স্থায়ী পদার্থ হলো ৪-কার্বনবিশিষ্ট অক্সালো এসিটিক এসিড।

$\text{C}_4$  উদ্ভিদে একই সাথে হ্যাচ ও স্ল্যাক চক্র এবং ক্যালভিন চক্র পরিচালিত তাতে দেখা যায়।  $\text{C}_3$  উদ্ভিদের তুলনায়  $\text{C}_4$  উদ্ভিদে সালোকসংশ্লেষণের হার বেশি এবং উৎপাদন ক্ষমতাও বেশি। সাধারণত ভুট্টা, আখ, অন্যান্য ঘাস জাতীয় উদ্ভিদ, মুখা ঘাস, অ্যামারান্থাস (amaranthes) ইত্যাদি উদ্ভিদে  $\text{C}_4$  পরিচালিত হয়।

সালোকসংশ্লেষণে ক্লোরোফিলের ভূমিকা : পাতার ক্লোরোফিলের পরিমাণের সাথে সালোকসংশ্লেষণের হারের সরাসরি সম্পর্ক বিদ্যমান। কারণ একমাত্র ক্লোরোফিলই আলোকশক্তি গ্রহণ করতে সক্ষম। আমরা জানি, পুরাতন ক্লোরোপ্লাস্ট নষ্ট হয়ে যায় এবং নতুন ক্লোরোপ্লাস্ট সংশ্লেষিত হয়। নতুন ক্লোরোপ্লাস্ট এবং ক্লোরোপ্লাস্টের উপাদান সৃষ্টির হারের উপর সালোকসংশ্লেষণের হার নির্ভরশীল। সালোকসংশ্লেষণ ক্ষমতা রক্ষা করার জন্য ক্লোরোপ্লাস্টের বিভিন্ন উপাদান দ্রুত ও প্রচুর পরিমাণে পুনর্গঠিত হওয়া প্রয়োজন। তবে কোষে খুব বেশি পরিমাণ ক্লোরোফিল থাকলে এনজাইমের অভাব দেখা দেয় এবং সালোকসংশ্লেষণ হ্রাস পায়।

সালোকসংশ্লেষণে আলোর ভূমিকা : সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় আলোর গুরুত্ব অপরিসীম। পানি ও  $\text{CO}_2$  থেকে শর্করা তৈরির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তির উৎস আলো। সূর্যালোক ক্লোরোফিল সৃষ্টিতে অংশগ্রহণ করে। সূর্যালোকের প্রভাবেই

পত্ররশ্মি উন্মুক্ত হয়,  $\text{CO}_2$  পাতার অভ্যন্তরে প্রবেশ করতে পারে এবং খাদ্য প্রস্তুতকরণে অংশগ্রহণ করে। কিন্তু পাতায় যেটুকু আলো পড়ে তার অতি সামান্য অংশই সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। আবার আলোকবর্ণালীর লাল, নীল, কমলা ও বেগুনি অংশটুকুতেই সালোকসংশ্লেষণ ভালো হয়। সবুজ ও হলুদ আলোতে সালোকসংশ্লেষণ ভালো হয় না। একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত আলোর পরিমাণ বাড়লে সালোকসংশ্লেষণের হারও বেড়ে যায়। কিন্তু আলোর পরিমাণ অত্যধিক বেড়ে গেলে পাতার অভ্যন্তরস্থ এনজাইম নষ্ট হয়ে যায়, ক্লোরোফিল উৎপাদন কম হয়। ফলে সালোকসংশ্লেষণের হারও কমে যায়। সাধারণত 800 nm থেকে 880 nm এবং 680 nm (ন্যানোমিটার) তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট আলোতে সালোকসংশ্লেষণ সবচেয়ে ভালো হয়।

**সালোকসংশ্লেষণের প্রভাবকসমূহ :** আলো এবং ক্লোরোফিল ছাড়াও সালোকসংশ্লেষণ আরও কতকগুলো প্রভাবক দ্বারা প্রভাবিত হয়। প্রভাবকগুলো কিছু বাহ্যিক ও কিছু অভ্যন্তরীণ। প্রভাবকের উপস্থিতি, অনুপস্থিতি, পরিমাণের কম-বেশি সালোকসংশ্লেষণের পরিমাণও কম-বেশি করে থাকে। প্রভাবকগুলো নিম্নরূপ :

(ক) বাহ্যিক প্রভাবকসমূহ

**আলো :** এ সম্পর্কে পূর্বে আলোচনা করা হয়েছে।

**কার্বন ডাইঅক্সাইড :** কার্বন ডাইঅক্সাইড ছাড়া সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া চলতে পারে না। কারণ এ প্রক্রিয়ায় যে খাদ্য প্রস্তুত হয় তা কার্বন ডাইঅক্সাইড বিজারণের ফলেই হয়ে থাকে। বায়ুমন্ডলে কার্বন ডাইঅক্সাইডের পরিমাণ 0.03 ভাগ, কিন্তু এ প্রক্রিয়ায় উদ্ভিদ শতকরা এক ভাগ পর্যন্ত কার্বন ডাইঅক্সাইড ব্যবহার করতে পারে। তাই বায়ুমন্ডলে কার্বন ডাইঅক্সাইডের পরিমাণ 1% পর্যন্ত বৃদ্ধি পাওয়ার সাথে সামঞ্জস্য রেখে সালোকসংশ্লেষণের পরিমাণও বেড়ে যায়। অবশ্য কার্বন ডাইঅক্সাইডের পরিমাণ খুব বেশিমানায় বৃদ্ধি পেলে মেসোফিল টিস্যুর কোষের অম্লত্ব বৃদ্ধি পায় এবং পত্ররশ্মি বন্ধ যায়, ফলে সালোকসংশ্লেষণের হারও কমে যায়।

**তাপমাত্রা:** সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা বিশেষ প্রভাবক হিসেবে কাজ করে। সাধারণত অতি নিম্ন তাপমাত্রা ( $0^\circ$  সে.-এর কাছাকাছি) এবং অতি উচ্চ তাপমাত্রায় ( $85^\circ$  সে.-এর উপরে) এ প্রক্রিয়া চলতে পারে না। সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার জন্য পরিমিত (optimum) তাপমাত্রা হলো  $22^\circ$  সে. থেকে  $35^\circ$  সে. পর্যন্ত। তাপমাত্রা  $22^\circ$  সে.-এর কম বা  $35^\circ$ -এর বেশি হলে সালোকসংশ্লেষণের হার কমে যায়।

**পানি :** সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় শর্করা তৈরির উদ্দেশ্যে  $\text{CO}_2$ -কে বিজারণের জন্য প্রয়োজনীয়  $\text{H}^+$  (হাইড্রোজেন আয়ন) পানি থেকেই আসে। পানির ঘাটতি হলে পত্ররশ্মির রক্ষীকোষেও স্ফীতি হারিয়ে রশ্মি বন্ধ হয়ে যায়। ফলে বাতাস থেকে  $\text{CO}_2$  অনুপ্রবেশ বাধাগ্রস্ত হয়। অতিরিক্ত পানি ঘাটতির ফলে এনজাইমের সক্রিয়তা বিনষ্ট হয়েও সালোকসংশ্লেষণ বাধাগ্রস্ত হতে পারে।

**অক্সিজেন :** বাতাসে অক্সিজেনের ঘনত্ব বেড়ে গেলে সালোকসংশ্লেষণের হার কমে যায় আর অক্সিজেনের ঘনত্ব কমে গেলে সালোকসংশ্লেষণের হার বেড়ে যায়। তবে অক্সিজেনবিহীন পরিবেশে সালোকসংশ্লেষণ সম্পূর্ণ বন্ধ থাকে।

**খনিজ পদার্থ :** ক্লোরোফিলের প্রধান উপকরণ হচ্ছে নাইট্রোজেন ও ম্যাগনেসিয়াম। লোহার অনুপস্থিতিতে পাতা ক্লোরোফিল সংশ্লেষণ করতে পারে না। ফলে পাতা হলুদ হয়ে যায়। মাটিতে এসব খনিজের অভাব হলে সালোকসংশ্লেষণের হার কমে যায়।

**রাসায়নিক পদার্থ :** বাতাসে ক্লোরোফর্ম, হাইড্রোজেন সালফাইড, মিথেন বা কোনো বিষাক্ত গ্যাসের উপস্থিতিতে সালোকসংশ্লেষণ ব্যাঘাত ঘটে বা একেবারে বন্ধ হয়ে যায়।

## (খ) অভ্যন্তরীণ প্রভাবকসমূহ :

**ক্লোরোফিল :** এ সম্পর্কে পূর্বে আলোচনা করা হয়েছে।

**পাতার বয়স ও সংখ্যা :** একেবারে কচি পাতা এবং একেবারে বয়স্ক পাতায় ক্লোরোফিলের পরিমাণ কম থাকে বলে সালোকসংশ্লেষণ কম হয়। বয়স বাড়ার সাথে সাথে ক্লোরোপ্লাস্টের সংখ্যাও বেশি হয়। মধ্যবয়সী পাতায় সবচেয়ে বেশি সালোকসংশ্লেষণ ঘটে। পাতার সংখ্যা বেশি হলে সালোকসংশ্লেষণ বেশি হয়।

**শর্করার পরিমাণ :** সালোকসংশ্লেষণ চলাকালীন সময়ে শর্করার পরিবহন কম হলে তা সেখানে জমে থাকে। বিকালে পাতায় বেশি শর্করা জমা হয় বলে সালোকসংশ্লেষণের গতি মন্থর হয়।

**পটাসিয়াম :** পটাসিয়ামের অভাবে সালোকসংশ্লেষণের পরিমাণ বেশ কমে যেতে দেখা যায়। কারণ, সম্ভবত এ প্রক্রিয়ায় পটাসিয়াম অনুঘটক হিসেবে কাজ করে।

**এনজাইম :** সালোক সংশ্লেষণের জন্য প্রচুর সংখ্যক এনজাইমের প্রয়োজন হয়।

**জীবজগতে সালোকসংশ্লেষণের গুরুত্ব :** সালোকসংশ্লেষণ বিশ্বের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ার মাধ্যমেই সূর্যালোক ও জীবনের মধ্যে সেতুবন্ধন সৃষ্টি হয়েছে। নিচের সর্থক্ষিপ্ত আলোচনা থেকে সালোকসংশ্লেষণের গুরুত্ব উপলব্ধি করা যাবে। বিশ্বজুড়ে এ বিক্রিয়ার ব্যাপকতা লক্ষ করে কোনো কোনো বৈজ্ঞানিক এ প্রক্রিয়াকে জৈব রাসায়নিক কারখানা নামে অভিহিত করেছেন।

সমস্ত শক্তির উৎস হলো সূর্য। একমাত্র সবুজ উদ্ভিদই সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় সৌর শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত করে খাদ্যের মধ্যে আবদ্ধ করতে পারে। কোনো প্রাণীই তার নিজের খাদ্য প্রস্তুত করতে পারে না। আমরা খাদ্য হিসেবে ভাত, রুটি, ফলমূল, মাছ, মাংস, দুধ, ডিম ইত্যাদি যাই গ্রহণ করি না কেন, তার সবই প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে সবুজ উদ্ভিদ থেকে পেয়ে থাকি। কাজেই খাদ্যের জন্য সমগ্র প্রাণীকুল সবুজ উদ্ভিদের উপর সম্পূর্ণভাবে নির্ভরশীল, আর সবুজ উদ্ভিদ এ খাদ্য প্রস্তুত করে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায়। কাজেই বলা যায়, পৃথিবীর সকল উদ্ভিদ ও প্রাণীর খাদ্য প্রস্তুত হয় সালোকসংশ্লেষণের মাধ্যমে। পরিবেশের ভারসাম্য রক্ষায়, বিশেষ করে  $O_2$  ও  $CO_2$ -এর সঠিক অনুপাত রক্ষায় সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া এক বিশেষ ভূমিকা পালন করে থাকে। বায়ুতে অক্সিজেন গ্যাসের পরিমাণ ২০.৯৫ ভাগ এবং  $CO_2$  গ্যাসের পরিমাণ ০.০৩৩ ভাগ।

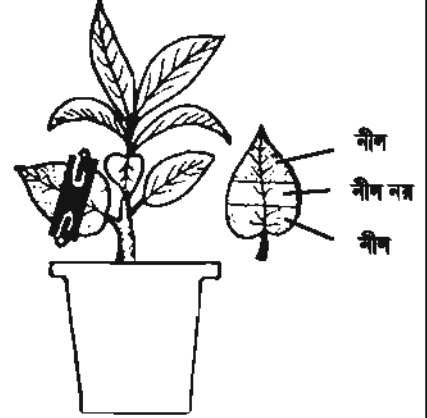
পৃথিবীতে উদ্ভিদ ও প্রাণীর স্বাভাবিক বৃদ্ধি ও জীবনযাপনের জন্য বায়ুতে এ দুটি গ্যাসের পরিমাণ স্বাভাবিক পর্যায়ে থাকতে হয়। এ পরিমাণের তারতম্য ঘটলে বায়ুমণ্ডল জীবজগতের জন্য ক্ষতিকর হয়ে উঠবে। আমরা জানি সব জীবই (উদ্ভিদ ও প্রাণী) সব সময়ের জন্য শ্বসনক্রিয়া চলতে থাকে। শ্বসন প্রক্রিয়ায় জীব  $O_2$  গ্রহণ করে এবং  $CO_2$  ত্যাগ করে। কেবল মাত্র শ্বসন প্রক্রিয়া চলতে থাকলে বায়ুমণ্ডলে  $O_2$  গ্যাসের স্বল্পতা এবং  $CO_2$  গ্যাসের আধিক্য দেখা দিত। কিন্তু সবুজ উদ্ভিদ সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায়  $CO_2$  গ্রহণ করে এবং  $O_2$  বায়ুমণ্ডলে ত্যাগ করে বলে এখনও বায়ুমণ্ডলে  $O_2$  ও  $CO_2$  গ্যাসের সঠিক অনুপাত রক্ষিত হচ্ছে। তবে বর্তমানে অধিক হারে বন-জঙ্গল ধ্বংস করার ফলে বায়ুমণ্ডলে এ দুটি গ্যাসের অনুপাত নষ্ট হবার আশঙ্কা দেখা দিয়েছে, কাজেই আমাদেরকে অবশ্যই অধিক হারে গাছপালা লাগাতে হবে। মানব সভ্যতার অগ্রগতি অনেকাংশে সালোকসংশ্লেষণের উপর প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে নির্ভরশীল। অন্ন, বস্ত্র, শিল্পসামগ্রী (যেমন নাইলন, রেয়ন, কাগজ, সেলুলোজ, কাঠ, রাবার), ঔষধ (যেমন কুইনাইন, মরফিন), জ্বালানি কয়লা, পেট্রল, গ্যাস প্রভৃতি উদ্ভিদ থেকে পাওয়া যায়। তাই সালোকসংশ্লেষণ না ঘটলে ধ্বংস হবে মানব সভ্যতা, বিলুপ্ত হবে

জীবজগত। সুতরাং সালোকসংশ্লেষণ জীবজগতের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া।

**কাজ :** সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ক্লোরোফিল ও আলোর অপরিহার্যতার পরীক্ষা।

**পরীক্ষার উপকরণ :** একদিন অন্ধকার রাখা টবে লাগানো সবুজ পাতাবিশিষ্ট একটি গাছ, কালো কাগজ, ৯৫% ইথাইল অ্যালকোহল, ১% আয়োডিন দ্রবণ, ক্লিপ প্রভৃতি।

**কার্যপদ্ধতি :** অন্ধকারে রাখা গাছটির একটি পাতার একাংশের উভয় দিক কালো কাগজ দিয়ে আবৃত করে ক্লিপ দিয়ে আটকে দিতে হবে যেন ঐ অংশে সূর্যালোক প্রবেশ করতে না পারে। এরপর গাছসহ টবটিকে সূর্যালোক রেখে দিতে হবে। এক ঘণ্টা পর পাতাটিকে গাছ থেকে ছিঁড়ে এনে ক্লোরোফিলমুক্ত করার জন্য ৯৫% ইথাইল অ্যালকোহলে সিঁধ করতে হবে। এবার সিঁধ বর্ণহীন পাতাটিকে আয়োডিন দ্রবণে ডুবাতে হবে।



চিত্র ২.২: সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ক্লোরোফিল ও আলোর অপরিহার্যতার পরীক্ষা

**পর্যবেক্ষণ :** আয়োডিন দ্রবণ থেকে উঠিয়ে আনলে দেখা যাবে যে, পাতাটির কালো কাগজ দিয়ে আবৃত অংশ ছাড়া বাকি সবটুকু অংশই নীল (গাঢ় বেগুনি বা কালো) বর্ণ ধারণ করেছে।

**সিদ্ধান্ত :** শ্বেতসার ও আয়োডিন দ্রবণের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে শ্বেতসার নীল (গাঢ় বেগুনি বা কালো) বর্ণ ধারণ করবে। কালো কাগজ দিয়ে আবৃত অংশে সূর্যালোক পৌঁছাতে পারে না, ফলে পাতার ঐ অংশে সালোকসংশ্লেষণ হয় না বলে শ্বেতসারও প্রস্তুত হয় না। শ্বেতসার প্রস্তুত হয় না বলে পাতার আবৃত অংশ আয়োডিন দ্রবণে বিক্রিয়া করে নীল বর্ণ ধারণ করে না। এতে প্রমাণিত হয় সালোকসংশ্লেষণ তথা শ্বেতসার প্রস্তুতের জন্য আলো অপরিহার্য।

**সতর্কতা :**

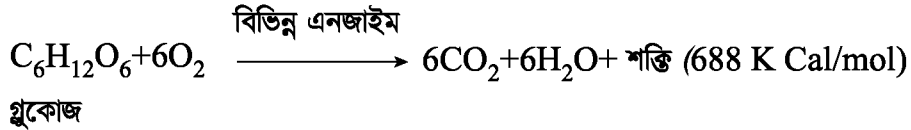
- ১) পরীক্ষার পূর্বে টবের গাছটি যেন বেশকিছু সময়ের জন্য অন্ধকারে রাখা হয়।
- ২) কালো কাগজ এমন হতে হবে যেন তার মধ্য দিয়ে সূর্যালোক প্রবেশ করতে না পারে।
- ৩) পরীক্ষা চলাকালীন সময়ে কমপক্ষে ১ ঘণ্টা পূর্বে টবটিকে সূর্যালোকে রাখতে হবে।

## শ্বসন (Respiration)

পূর্ববর্তী শ্রেণিতে তোমরা শ্বসন প্রক্রিয়া কাকে বলে এবং শ্বসনের ফলে যে দেহের বৃদ্ধি সাধন ও দেহ শক্তি পায় সে সম্পর্কে সর্বাঙ্গীণ আকারে জেনেছ। এ অধ্যায়ে শ্বসন সম্পর্কে আরও একটু বিস্তারিত আলোচনা করা হবে।

জীবের জীবন ধারণ অর্থাৎ চলন, ক্ষয়পূরণ, বৃদ্ধি, জনন প্রভৃতি জীবজগৎ কাজগুলো সুষ্ঠুভাবে সম্পন্ন করার জন্য শক্তির প্রয়োজন হয়। এ শক্তির প্রধান উৎস হলো সূর্যালোক। সালোকসংশ্লেষণের সময় উদ্ভিদ সৌরশক্তিকে শর্করা জাতীয় খাদ্যবস্তু মধ্য স্থৈতিক শক্তিরূপে (Potential energy) সঞ্চয় করে রাখে। খাদ্যের মধ্যে সঞ্চিত ঐ প্রকার শক্তি জীব তার জীবন ধারণের জন্য সরাসরি ব্যবহার করতে পারে না। শ্বসনের সময় জীবদেহে বর্তমান এ স্থৈতিক শক্তি তাপরূপে উদ্ধৃত হয়ে রাসায়নিক শক্তিরূপে (ATP) মুক্ত হয় এবং জীবের বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় কাজের জন্য প্রয়োজনীয়

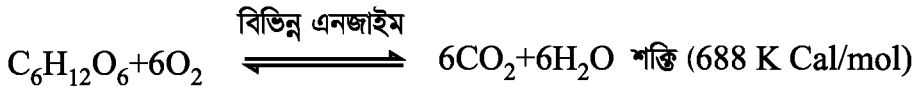
শক্তি যোগায়। শর্করা জাতীয় খাদ্যবস্তু ব্যতীত প্রোটিন, ফ্যাট এবং বিভিন্ন জৈব এসিড শ্বসনিক বস্তুরূপে ব্যবহৃত হয়। জীব দেহস্থ এই জটিল যৌগগুলো শক্তি নির্গমনের পূর্বে ভেঙে সরল যৌগে পরিণত হয় এবং পরে জারিত হয়ে রাসায়নিক শক্তিতে (ATP) রূপান্তরিত হয়। সাধারণ তাপমাত্রায় জীবদেহের প্রতিটি কোষে দিবারাত্রি ২৪ ঘণ্টাই শ্বসন চলে। তবে উদ্ভিদের বর্ধিষ্ণু অঞ্চলে (ফুল ও পাতার ঝুঁড়ি, অঙ্কুরিত বীজ, মূল ও কাণ্ডের অগ্রভাগ) শ্বসন ক্রিয়ার হার অনেক বেশি। সজীব কোষের সাইটোপ্লাজম ও মাইটোকন্ড্রিয়াতে শ্বসন প্রক্রিয়া সম্পন্ন হয়। এ জৈব-রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় জীবদেহ যৌগিক খাদ্যদ্রব্য জারিত করে সরল দ্রব্যে পরিণত করে এবং শক্তি উৎপন্ন করে। শ্বসনের সামগ্রিক সমীকরণটি নিম্নরূপ:



শ্বসনের প্রকারভেদ : শ্বসনের সময় অক্সিজেনের প্রাপ্যতার ভিত্তিতে শ্বসনকে দু'ভাগে ভাগ করা হয়। যথা- (১) সবাত শ্বসন ও (২) অবাত শ্বসন

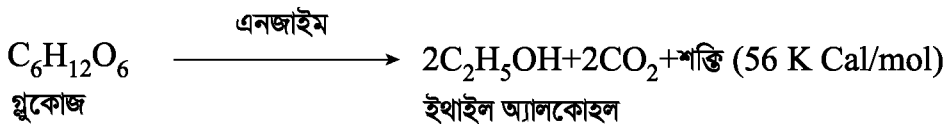
(১) সবাত শ্বসন (Aerobic respiration) : যে শ্বসন প্রক্রিয়ায় অক্সিজেনের প্রয়োজন হয় এবং শ্বসনিক বস্তু (শর্করা, প্রোটিন, লিপিড, বিভিন্ন ধরনের জৈব এসিড) সম্পূর্ণভাবে জারিত হয়ে  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  ও বিপুল পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন করে তাকে সবাত শ্বসন বলে। সবাত শ্বসনই হলো উদ্ভিদ ও প্রাণীর স্বাভাবিক শ্বসন প্রক্রিয়া।

সবাত শ্বসনের রাসায়নিক সংকেত নিম্নরূপ



সবাত শ্বসন প্রক্রিয়ায় এক অণু গ্লুকোজ সম্পূর্ণরূপে জারিত হয়ে শক্তি সর্বমোট ছয় অণু  $\text{CO}_2$  বার অণু পানি এবং ৩৮টি ATP উৎপন্ন করে।

(২) অবাত শ্বসন (Anaerobic respiration) : যে শ্বসন প্রক্রিয়া অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে হয় তাকে অবাত শ্বসন বলে। অর্থাৎ যে শ্বসন প্রক্রিয়ায় কোনো শ্বসনিক বস্তু অক্সিজেনের সাহায্য ছাড়াই কোষ মধ্যস্থ এনজাইম দ্বারা আংশিকরূপে জারিত হয়ে বিভিন্ন প্রকার জৈব যৌগ (ইথাইল অ্যালকোহল, ল্যাকটিক এসিড ইত্যাদি),  $\text{CO}_2$  ও সামান্য পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন করে তাকে অবাত শ্বসন বলে।



কেবলমাত্র কতিপয় অণুজীবে যেমন ব্যাকটেরিয়া, ইস্ট ইত্যাদিতে অবাত শ্বসন হয়ে থাকে।

সবাত শ্বসনের সর্ধক্ষিত বর্ণনা : সবাত শ্বসন প্রক্রিয়া সাধারণত চারটি ধাপে সম্পন্ন হয়। ধাপগুলো নিম্নরূপ

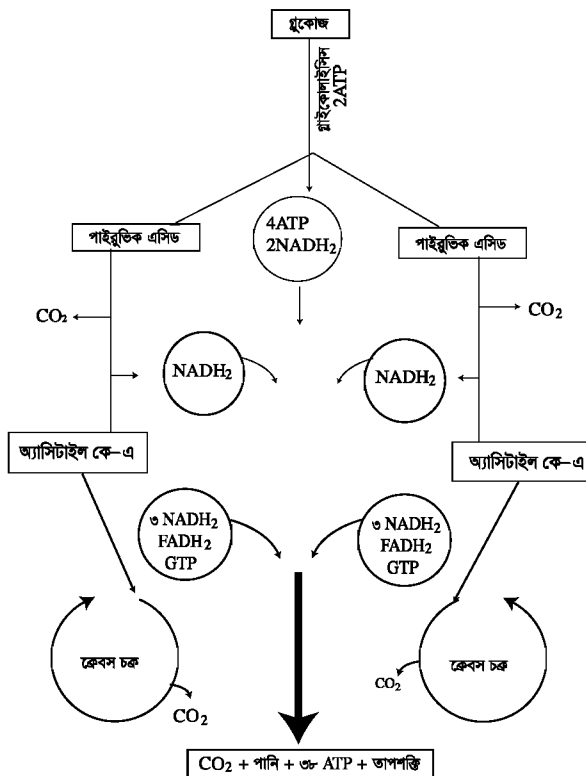
ধাপ- ১ : গ্লাইকোলাইসিস (Glycolysis) : এই প্রক্রিয়ায় এক অণু গ্লুকোজ ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জারিত হয়ে দুই অণু পাইরুভিক এসিড ( $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$ ) উৎপন্ন করে। এই ধাপে চার অণু ATP (দুই অণু খরচ হয়ে যায়) এবং দুই অণু  $\text{NADH} + \text{H}^+$  উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়ার জন্য কোনো অক্সিজেনের প্রয়োজন পড়ে না, তাই গ্লাইকোলাইসিস সবাত ও অবাত উভয় প্রকার শ্বসনেরই প্রথম পর্যায়। গ্লাইকোলাইসিসের বিক্রিয়াগুলো কোষের সাইটোপ্লাজমে ঘটে থাকে।



ধাপ-২ : অ্যাসিটাইল কো-এ সৃষ্টি : গ্লাইকোলাইসিস পর্যায়ে সৃষ্ট প্রতি অণু পাইরুভিক এসিড পর্যায় ক্রমিক বিক্রিয়া শেষে ২ কার্বনবিশিষ্ট এক অণু অ্যাসিটাইল কোএনজাইম-এ (Acetyl Co-A), এক অণু  $\text{CO}_2$  এবং এক অণু  $\text{NADH}+\text{H}^+$  উৎপন্ন করে (দুই অণু পাইরুভিক এসিড থেকে দুই অণু অ্যাসিটাইল কোএনজাইম-এ, দুই অণু  $\text{CO}_2$  এবং দুই অণু  $\text{NADH}+\text{H}^+$  উৎপন্ন হয়)।

ধাপ- ৩ : ক্রেবস চক্র (Krebs cycle) : ক্রেবস চক্রে ২ কার্বনবিশিষ্ট অ্যাসিটাইল Co-A জারিত হয়ে দুই অণু  $\text{CO}_2$  উৎপন্ন করে। ইংরেজ প্রাণরসায়নবিদ Sir Hans Krebs এ চক্রটি আবিষ্কার করেন বলে একে ক্রেবস চক্র বলা হয়। এ পর্যায়ে অ্যাসিটাইল Co-A মাইটোকন্ড্রিয়াতে প্রবেশ করে এবং ক্রেবস চক্রে অংশগ্রহণ করে। এ চক্রের সকল বিক্রিয়াই মাইটোকন্ড্রিয়াতে সংঘটিত হয়। কার্বন ডাইঅক্সাইড ছাড়াও এ চক্রে এক অণু অ্যাসিটাইল Co-A থেকে তিন  $\text{NADH}+\text{H}^+$ , এক অণু  $\text{FADH}_2$  এবং এক অণু GTP (গুয়ানোসিন ট্রাইফসফেট) উৎপন্ন হয়। অতএব দুই অণু অ্যাসিটাইল Co-A থেকে চার অণু  $\text{CO}_2$ , ৬ অণু  $\text{NADH}+\text{H}^+$ , দুই অণু  $\text{FADH}_2$  এবং দুই অণু GTP উৎপন্ন হয়।

ধাপ- ৪ : ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্র (Electron transport system) : এ প্রক্রিয়ায় উপরোক্ত তিনটি ধাপে উৎপন্ন  $\text{NADH}+\text{H}^+$ ,  $\text{FADH}_2$  জারিত হয়ে ATP, পানি, ইলেকট্রন ও প্রোটন উৎপন্ন হয়। উচ্চ শক্তিসম্পন্ন ইলেকট্রনসমূহ ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্রের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় শক্তি নির্গত হয়। সে শক্তি ATP তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্র মাইটোকন্ড্রিয়ায় সংঘটিত হয়।



চিত্র ৪.৩: শ্বসন প্রক্রিয়া

সবাত শ্বসন প্রক্রিয়ায় এক অণু গ্লুকোজ সম্পূর্ণরূপে জারিত হয়ে সর্বমোট ছয় অণু  $\text{CO}_2$ , ছয় অণু পানি এবং ৩৮টি ATP উৎপন্ন করে। নিচের চার্টে তা দেখানো হলো :

শ্বসনের পর্যায়	উৎপাদিত বস্তু	ব্যয়িত বস্তু	নেট উৎপাদন
গ্লাইকোলাইসিস	২ অণু পাইরুভিক এসিড ৪ অণু ATP	২ অণু $\text{NADH}+\text{H}^+$ ২ অণু ATP	৬ ATP ২ ATP
অ্যাসিটাইল কো-এ	২ অণু অ্যাসিটাইল কো-এ ২ অণু $\text{CO}_2$ ২ অণু $\text{NADH}+\text{H}^+$	২ অণু পাইরুভিক এসিড	২ অণু $\text{CO}_2$ ৬ ATP
ক্রেবস চক্র	৪ অণু ৬ অণু $\text{NADH}+\text{H}^+$ ২ অণু $\text{FADH}_2$ ২ অণু GTP	২ অণু অ্যাসিটাইল কো-এ	৪ অণু $\text{CO}_2$ ১৮ ATP ৪ ATP ২ ATP
			৩৮ATP (নেট মোট ATP)

$$১ \text{ অণু } \text{NADH}+\text{H}^+ = ৩ \text{ অণু ATP}$$

$$১ \text{ অণু } \text{FADH}_2 = ২ \text{ অণু ATP}$$

$$১ \text{ অণু GTP} = ১ \text{ অণু ATP}$$

অবাত শ্বসনের ধাপসমূহ : দুইটি ধাপে অবাত শ্বসন হয়ে থাকে। ধাপ দুটি হলো :

ধাপ-১ : গ্লাইকোলাইসিস : এই ধাপে এক অণু গ্লুকোজ থেকে দুই অণু পাইরুভিক এসিড, চার অণু ATP (এর মধ্যে দুই অণু ব্যবহার হয়ে যায়) দুই অণু  $\text{NADH}+\text{H}^+$  উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ এটি সবাত শ্বসনের গ্লাইকোলাইসিসের অনুরূপ।

ধাপ-২ : পাইরুভিক এসিডের অসম্পূর্ণ জারণ : সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত এনজাইমের কার্যকারিতায় পাইরুভিক এসিড অসম্পূর্ণরূপে জারিত হয়ে  $\text{CO}_2$  এবং ইথাইল অ্যালকোহল অথবা শুধু ল্যাকটিক এসিড উৎপন্ন করে।

শ্বসনের গুরুত্ব :

শ্বসন প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি দিয়ে জীবের সব ধরনের ক্রিয়া-বিক্রিয়া ও কাজকর্ম পরিচালিত হয়। শ্বসনে নির্গত  $\text{CO}_2$  জীবের প্রধান খাদ্য শর্করা উৎপন্নের জন্য সালোকসংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়। এ প্রক্রিয়া উদ্ভিদে খনিজ লবণ পরিশোধনে সাহায্য করে, যা পরোক্ষভাবে উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও অন্যান্য জৈবিক প্রক্রিয়া চালু রাখে। কোষ বিভাজনের প্রয়োজনীয় শক্তি ও কিছু আনুষঙ্গিক পদার্থ শ্বসন প্রক্রিয়া থেকে আসে। তাই এ প্রক্রিয়া জীবের দৈহিক বৃদ্ধি ও নিয়ন্ত্রণ করে। এ প্রক্রিয়া বিভিন্ন উপক্ষার ও জৈব এসিড সৃষ্টিতে সহায়তা করার মাধ্যমে জীবনের অন্যান্য জৈবিক কাজেও সহায়তা করে। কিছু কিছু ব্যাকটেরিয়া অক্সিজেনের উপস্থিতিতে বাঁচতে পারে না। এদের শক্তি উৎপাদনের একমাত্র উপায় হলো অবাত শ্বসন। এ প্রক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল তৈরি হয়, যা বিভিন্ন শিল্পে ব্যবহৃত হয়। ল্যাকটিক এসিড ফার্মেন্টেশনের মাধ্যমে এ প্রক্রিয়ায় দই, পনির ইত্যাদি উৎপাদিত হয়। রুটি তৈরিতে এ প্রক্রিয়া ব্যবহৃত হয়। ঈস্টের অবাত শ্বসনের ফলে অ্যালকোহল ও  $\text{CO}_2$  গ্যাস তৈরি হয়।  $\text{CO}_2$  গ্যাস এর চাপে রুটি ফাঁপা হয়।

শ্বসন প্রক্রিয়ার প্রভাবকসমূহ : শ্বসন প্রক্রিয়ার প্রভাবকগুলো বাহ্যিক ও অভ্যন্তরীণ দুইরকম হতে পারে।

(ক) বাহ্যিক প্রভাবক : বাহ্যিক প্রভাবকসমূহ হলো—

তাপমাত্রা :  $20^{\circ}$  সে. এর নিচে এবং  $35^{\circ}$  সে. এর উপরের তাপমাত্রায় শ্বসন হার কমে যায়। শ্বসনের জন্য উত্তম তাপমাত্রা  $20^{\circ}$  সে. থেকে  $35^{\circ}$  সে.।

অক্সিজেন : সবাত শ্বসনে পাইরুভিক এসিড জারিত হয়ে  $\text{CO}_2$  ও  $\text{H}_2\text{O}$  উৎপন্ন করে। কাজেই অক্সিজেনের অভাবে সবাত শ্বসন কোনোক্রমেই চলতে পারে না।

পানি : পরিমিত পানি সরবরাহ শ্বসন ক্রিয়াকে স্বাভাবিক রাখে। কিন্তু অত্যন্ত কম কিংবা অতিরিক্ত পানির উপস্থিতিতে শ্বসন প্রক্রিয়া ব্যাহত হয়।

আলো : শ্বসন কার্যে আলোর প্রয়োজন পড়ে না সত্যি কিন্তু দিনের বেলা আলোর উপস্থিতিতে পত্ররস্প্র খোলা থাকায়  $\text{O}_2$  গ্রহণ ও  $\text{CO}_2$  ত্যাগ করা সহজ হয় বলে শ্বসন হার একটু বেড়ে যায়।

কার্বন ডাইঅক্সাইড : বায়ুতে  $\text{CO}_2$ -এর ঘনত্ব বেড়ে গেলে শ্বসন হার ক্রিয়িত কমে যায়।

(খ) অভ্যন্তরীণ প্রভাবক : অভ্যন্তরীণ প্রভাবকসমূহ হলো—

খাদ্যদ্রব্য : শ্বসন প্রক্রিয়ায় খাদ্যদ্রব্য (শ্বসনিক বস্তু) ভেঙে শক্তি, পানি ও  $\text{CO}_2$  নির্গত করে, তাই কোষে খাদ্যদ্রব্যের পরিমাণ ও ধরন শ্বসন হার নিয়ন্ত্রণ করে।

উৎসেচক : শ্বসন প্রক্রিয়ায় বহুবিধ এনজাইম বা উৎসেচক সক্রিয়ভাবে অংশগ্রহণ করে। কাজেই এনজাইমের ঘাটতি শ্বসন হার কমিয়ে দেয়।

কোষের বয়স : অল্পবয়স্ক কোষে বিশেষ করে ভাজক কোষে প্রোটোগ্লাজম বেশি থাকে বলে বয়স্ক কোষ অপেক্ষা শ্বসন হার বেশি হয়।

অজৈব লবণ : কোনো কোনো লবণ শ্বসন প্রক্রিয়াকে ব্যাহত করলেও কোষের সুষ্ঠু ও স্বাভাবিক কাজের জন্য এবং স্বাভাবিক শ্বসন প্রক্রিয়া পরিচালনার জন্য কোষের অভ্যন্তরে অজৈব লবণ থাকা বাঞ্ছনীয়।

কোষমধ্যস্থ পানি : বিভিন্ন শ্বসনিক বস্তু দ্রবীভূত করতে এবং এনজাইমের কার্যকারিতা প্রকাশের জন্য পানির প্রয়োজন।

কাজ : শ্বসন প্রক্রিয়ায় তাপ নির্গমনের পরীক্ষা

উপকরণ : দুটি থার্মোস্টাট, দুটি থার্মোমিটার, ছিদ্রযুক্ত দুটি রাবার কর্ক। অজ্জ্বরিত ছোলা এবং ১০% মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ।



চিত্র : থার্মোস্টাটের চিত্র

**পদ্ধতি :** দুটি থার্মোফ্লাস্কের একটিতে ‘ক’ ও অন্যটিতে ‘খ’ লেবেল লাগাতে হবে। ‘ক’ চিহ্নিত থার্মোফ্লাস্ক সামান্য পানি সহ কিছু অজ্জকুরিত ছোলাবীজ নিতে হবে। ছিদ্রযুক্ত রাবার কর্কের মধ্য দিয়ে একটি থার্মোমিটার প্রবেশ করানোর পর ফ্লাস্কের মুখটি ভালো করে বন্ধ করে দিতে হবে। অবশিষ্ট অজ্জকুরিত ছোলাগুলোকে ১০% ফুটল্ড মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে ১০ মিনিট ডুবিয়ে রেখে ‘খ’ চিহ্নিত ফ্লাস্ক ছিদ্রযুক্ত কর্কের মধ্য দিয়ে একটি থার্মোমিটার ঢুকিয়ে ফ্লাস্কের মুখ ভালোভাবে আটকে দিতে হবে। এবার ‘ক’ ও ‘খ’ চিহ্নিত থার্মোমিটার দুটির প্রাথমিক তাপমাত্রা লিখে রেখে ফ্লাস্ক দুটিকে রেখে দিতে হবে।

**পর্যবেক্ষণ :** কয়েক ঘণ্টা পর দেখা যাবে ‘ক’ থার্মোমিটারের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে কিন্তু ‘খ’ থার্মোমিটারের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকবে।

**সিদ্ধান্ত:** ‘ক’ থার্মোফ্লাস্কের অজ্জকুরিত ছোলাগুলো সজীব থাকায় শ্বসন প্রক্রিয়া অব্যাহত থাকে এবং তাপ নির্গমনের কারণে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। অন্যদিকে ‘খ’ ফ্লাস্কের ছোলাগুলো মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে ডুবিয়ে নেওয়াতে বীজগুলো মরে যায় ও নিরীজ (Sterilized) হয়। ফলে শ্বসন প্রক্রিয়া ব্যাহত হওয়ায় তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

**সতর্কতা :**

- ১। লক্ষ রাখতে হবে যেন বীজগুলো সতেজ ও অজ্জকুরিত হয়।
- ২। থার্মোমিটারের পারদপূর্ণ অংশটি যেন বীজের মাঝখানে থাকে।

## অনুশীলনী

### সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

- ১। সালোকসংশ্লেষণ কাকে বলে? বিক্রিয়ার মাধ্যমে দেখাও।
- ২। সালোকসংশ্লেষণের কাঁচামাল কী কী ?
- ৩। শ্বসন কাকে বলে ? বিক্রিয়ার মাধ্যমে দেখাও ?
- ৪। সালোকসংশ্লেষণ ও শ্বসনের মধ্যে সম্পর্ক কী ?
- ৫। অবাত ও সবাত শ্বসনের পার্থক্য লিখ।

### রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। জীবের সালোকসংশ্লেষণের উপর নির্ভরশীলতার কারণ ব্যাখ্যা কর।
- ২। শ্বসনের গুরুত্ব আলোচনা কর।

### বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

১. সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় উপজাত হিসাবে নির্গত হয় কোনটি?

ক. পানি

খ. শর্করা

গ. অক্সিজেন

ঘ. কার্বন ডাইঅক্সাইড

২. শ্বসনের গ্রাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ায় কত অণু ATP তৈরি হয়?

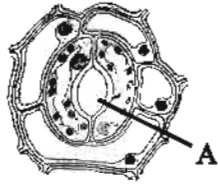
ক. ৪

খ. ৬

গ. ৮

ঘ. ১৮

উদ্দীপকটি লক্ষ কর এবং ৩ ও ৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



চিত্র-X



চিত্র-Y

৩. A ও B উভয়েরই কাজ হচ্ছে—

i.  $O_2$  গ্রহন

ii.  $H_2O$  নির্গমণ

iii.  $CO_2$  ত্যাগ

নিচের কোনটি সঠিক?

ক. i ও ii

খ. i ও iii

গ. ii ও iii

ঘ. i, ii ও iii

৪. চিত্রে X এ সংঘটিত প্রক্রিয়াটি—

i. পরিবেশকে শীতল রাখে

ii. সালোকসংশ্লেষণে সহায়তা করে

iii. শ্বসনে ব্যাঘাত ঘটায়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক. i ও ii

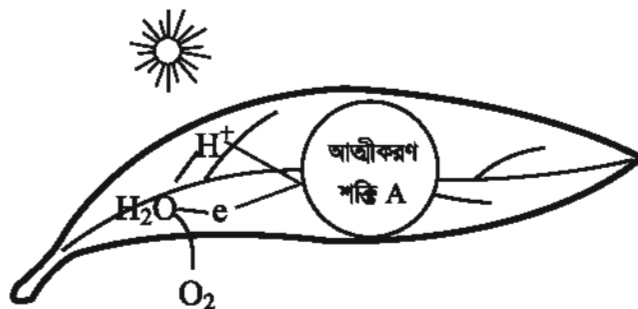
খ. i ও iii

গ. ii ও iii

ঘ. i, ii ও iii

সৃজনশীল প্রশ্ন

১.



ক. পাইরুভিক এসিডের সংকেত কী?

খ. অবাত শ্বসন বলতে কী বুঝায়?

গ. A উপাদানটি কীভাবে তৈরি হচ্ছে তা ব্যাখ্যা কর।

ঘ. A উপাদানটি উৎপন্নে ব্যাঘাত ঘটলে উদ্ভিদের উপর কী প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি হবে তা যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর।

২. দশম শ্রেণির ছাত্রী বিপাশা গাজর খেতে পছন্দ করে। গাজরে গ্লুকোজ থাকায় এটা তার কাজ করার শক্তি যোগায়। তার ছোট বোন তাকে প্রশ্ন করে গাছ বড় হবার জন্য শক্তি কীভাবে পায়? সে তার বোনকে জানায়, গাছ ও শ্বসন প্রক্রিয়ায় গ্লুকোজ থেকে শক্তি পায়।

ক. ফটোসাইসিস কী?

খ.  $C_4$  উদ্ভিদ বলতে কী বুঝায়?

গ. বিপাশার গৃহীত খাদ্য উপাদানের ২ অণু থেকে ক্রোবস চক্রে কী পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন হয় ছকের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

ঘ. উক্ত প্রক্রিয়াটি বাধাগ্রস্ত হলে উদ্ভিদের মধ্যে কী প্রভাব ফেলবে তা বিশ্লেষণ কর।